



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 1 011 035 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
21.06.2000 Patentblatt 2000/25

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: G05B 19/4067

(21) Anmeldenummer: 99123763.7

(22) Anmeldetag: 30.11.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstrecksstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 12.12.1998 DE 19857436

(71) Anmelder: KUKA Roboter GmbH  
86165 Augsburg (DE)

(72) Erfinder:  
• Grob, Franz  
86156 Augsburg (DE)

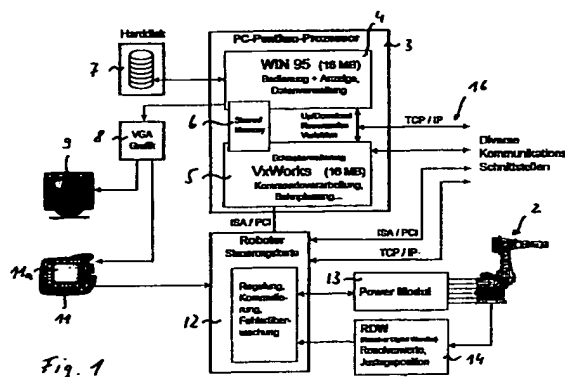
• Spiess, Carsten  
86152 Augsburg (DE)  
• Sturm, Stefan  
86687 Kaisheim (DE)

(74) Vertreter:  
Lempert, Jost, Dipl.-Phys. Dr. rer.nat. et al  
Patentanwälte,  
Dipl.-Ing. Heiner Lichti,  
Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. Jost Lempert,  
Dipl.-Ing. Hartmut Lasch,  
Postfach 41 07 60  
76207 Karlsruhe (DE)

(54) **Verfahren zum Behandeln des Spannungsabfalls in der Steuerung eines Roboters und zum Wiederanfahren eines Roboters nach Spannungsabfall**

(57) Zur zeitlichen Minimierung eines Anlagenstillstandes unter Vermeidung des Ausschusses durch Prozeßunterbrechung sieht die Erfindung ein Verfahren zur Behandlung des Spannungsabfalls zumindest im Steuererteil, bei einem Roboter mit einer PC-Steuerung aus einer Kombination eines Echtzeit-Betriebssystems zum zeitkritischen Steuern und Regeln der Roboterbewegung und eines Standard-PC-Betriebssystems zur Kommunikation mit einem Bediener vor, wobei bei Spannungsabfall ein Batterie-/Akku-Betrieb erfolgt und daß eine laufende Roboterbewegung und ggf. Anwendungsarbeiten beendet oder definiert abgebrochen werden, daß anschließend Arbeitsprozesse der Steuerung abgeschlossen werden und daß ausschließlich das Echtzeitsystem sowie Robotersteuerungsprogramme betreffende Inhalte des Arbeitsspeichers zum Beendigungszeitpunkt, insbesondere als Bild, auf mindestens einem Massenspeicher gespeichert werden. Zum Wiederanfahren des Roboters nach einem solchen Stillsetzen desselben ist weiterhin vorgesehen, daß das Standard-PC-Betriebssystem in üblicher Weise in den Arbeitsspeicher geladen und gestartet wird und daß die den Zustand des Echtzeitsystems sowie der Roboterprogramme im Beendigungszustand betreffenden Inhalte von dem/den Massenspeicher(n), die dort insbesondere als Bild (Image) enthalten sind, in den Arbeitsspeicher übernommen und die Steuerung des Roboters - sowie gegebenenfalls auch sonstige Peripherie - im

Beendigungszustand wieder aufgenommen wird.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Behandlung des Spannungsabfalls zumindest im Steuer-  
erteil, bei einem Roboter mit einer PC-Steuerung aus  
einer Kombination eines Echtzeit-Betriebssystems zum  
zeitkritischen Steuern und Regeln der Roboterbewe-  
gung und allerdings lediglich eines zeitlich begrenzten  
Standard- PC-Betriebssystems zur Kommunikation mit  
einem Bediener, wobei bei Spannungsabfall ein Batte-  
rie-/Akku-Betrieb erfolgt.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren  
zum Wiederanfahren eines Roboters nach einem Still-  
setzen des Roboters aufgrund eines Spannungsabfalls.

[0003] Bei Spannungsab- oder -ausfall ist es  
bekannt durch Pufferung elektrischer Energie über  
einen Akku oder eine Batterie ein Programm kontrolliert  
zu beenden und ggf. auch eine durch das Programm  
gesteuerte Mechanik, wie die eines Roboters durch  
Nutzung gespeicherter Zwischen... energie kontrolliert  
stillzusetzen. Nach Rückkehr der Spannung muß aber  
die durch einen Rechner realisierte Steuerung neu  
gestartet werden; sie führt einen sogenannten Kaltstart  
aus, bei dem sie sich nach Beendigung des Startvor-  
ganges im Ausgangszustand wie bei einem völligen  
Neustart befindet. Damit ein Roboter eine Programm-  
ausführung und seine Arbeit fortsetzen kann, muß er in  
der Regel zunächst von Hand aus dem Bauteil, welches  
er bearbeitet hat, herausgefahren werden. Sein Arbeits-  
programm muß neu angewählt und bis zur Unterbre-  
chungsstelle gefahren werden, um von dort nach  
Wiederherstellung des entsprechenden Zustandes fort-  
gesetzt werden zu können. Dieses Verfahren erfordert  
einen erfahrenen Bediener, es ist fehleranfällig und  
nimmt unter Umständen sehr viel Zeit in Anspruch. Wird  
dann sogleich ein neues Werkstück bearbeitet, so ist  
das nicht zu Ende bearbeitete Werkstück Ausschuß und  
damit ebenfalls ein Kostenfaktor.

[0004] Insbesondere bei einer PC-basierten Steue-  
rung kann die Hardware und damit der Zustand des  
Arbeitsspeichers nur eine begrenzte Zeit durch Akku-  
/Batteriepufferung bei Spannungsausfall zwischen  
gespeichert werden, so daß eine weitgehende automa-  
tische Wiederherstellung des gespeicherten Steue-  
rungszustandes nach Spannungswiederkehr und  
Spannungshochlauf nur innerhalb einer begrenzten  
Zeit, nicht aber bei einer längeren Spannungsunterbre-  
chung möglich ist. Da zum Starten eines herkömmli-  
chen Personalcomputers die Durchführung einer Reihe  
von Prozessen des Betriebssystems erforderlich ist,  
kann dessen Status im Abbruchzustand nicht ohne wei-  
teres in den Arbeitsspeicher übernommen werden.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde,  
ein Verfahren zu schaffen, durch welches ein Anlagen-  
stillstand zeitlich minimiert und ein Ausschuß aufgrund  
einer Prozeßunterbrechung möglichst vermieden wird.

[0006] Zur Lösung der genannten Aufgabe sieht die  
Erfindung zunächst bei einem Verfahren der eingangs

genannten Art vor, daß eine laufende Roboterbewe-  
gung und ggf. Anwendungsarbeiten beendet oder defi-  
niert abgebrochen werden, daß anschließend  
Arbeitsprozesse der Steuerung abgeschlossen werden  
und daß ausschließlich den Echtbetriebszeitsystem  
sowie Robotersteuerungsprogramme betreffende  
Inhalte des Arbeitsspeichers zum Beendigungszeit-  
punkt auf einem Massenspeicher gespeichert werden.

[0007] Beenden bzw. kontrolliert Abbrechen der  
Roboterbewegung etc. heißt hier, daß nicht der Arbeits-  
vorgang als solcher zu Ende geführt wird, sondern der  
Arbeitsvorgang abgebrochen wird, die Bewegung als  
solche beendet wird und der Roboter zum Stillstand  
geführt wird, allerdings in kontrollierter und damit  
gesteuerter Weise, so daß keine Gefahren oder  
Beschädigungen auftreten.

[0008] Hierdurch wird erreicht, daß die wesentli-  
chen, bei Beendigung aufgrund eines Spannungsab-  
falls im Arbeitsspeicher bei Beendigung befindlichen  
Informationen über den Status des Roboters zu diesem  
Zeitpunkt in sicherer Weise gespeichert werden, so daß  
sie unabhängig von elektrischer Energiezufügung belie-  
big lange zur Verfügung stehen.

[0009] Auf dieser Grundlage sieht die Erfindung  
weiterhin ein Verfahren zum Wiederanfahren eines der-  
art stillgelegten Roboters vor, bei dem das Standard-  
PC-Betriebssystem in üblicher Weise in den Arbeits-  
speicher geladen und gestartet wird und die den  
Zustand des Echtzeit-Betriebssystem-Zusatzes sowie  
der Roboterprogramme im Beendigungszustand betref-  
fenden Inhalte von den/dem Massenspeicher(n) in den  
Arbeitsspeicher übernommen und Steuerung des  
Roboters im Beendigungszustand wieder aufgenom-  
men wird.

[0010] Durch die Erfindung wird erreicht, daß der  
Roboter als Einzelanlage oder in Zellen oder einem grö-  
ßeren Verbund integriert, nach Spannungswiederkehr  
automatisch oder unter Bedienerkontrolle nahtlos an  
der unterbrochenen Programmausführung fortfahren  
kann.

[0011] In bevorzugter Ausgestaltung ist dabei vor-  
gesehen, daß die das Echtzeit-Betriebssystem sowie  
Robotersteuerungsprogramme betreffenden Inhalte  
des Arbeitsspeichers als Bild (Image) auf dem/den  
Massenspeicher(n) gespeichert werden und daß ein  
den Zustand des Echtzeit-Betriebssystems sowie der  
Roboterprogramme enthaltendes Bild (Image) von  
dem/den Massenspeicher(n) in den Arbeitsspeicher  
übernommen wird. Eine Weiterbildung sieht vor, daß  
beim Wiederanfahren auch die Steuerung sonstiger  
Prozeßperipherie im Beendigungszustand wieder auf-  
genommen wird, so daß der gesamte Prozeß sogleich  
am Abbruchpunkt fortgesetzt werden kann.

[0012] Erfindungsgemäß also wird lediglich der das  
Echtzeit-Betriebssystem betreffende bzw. beinhaltende  
Arbeitsspeicherinhalt mit eingebundenen Roboterpro-  
grammen z.B. VxWorks auf dem bzw. den Massenspei-  
cher(n) zwischengespeichert, nicht aber das Standard-

PC-Betriebssystem, wie z.B. Windows 95, 98 oder Windows NT. Beim Wiederanlauf wird das Standard-Betriebssystem in üblicher Weise neu gestartet und die Rechner-Hardware vollständig neu initialisiert. Anschließend wird das gesicherte Image des Echtzeit-Betriebssystems, insbesondere der Roboterprogramme von dem Massenspeicher in den Arbeitsspeicher zurückgeladen, so daß die Steuerung des Roboters an der Unterbrechungsstelle nahtlos fortgesetzt werden kann. Externe Kommunikationsschnittstellen zu industriellen Arbeitsprozessen, wie denen von weiteren Werkzeugen, insbesondere Schweiß- oder Klebeeinrichtung etc. werden wieder in den Zustand vor der Unterbrechung gesetzt werden. Dabei ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren die Verwendung von standardisierter PC Hardware, insbesondere mit dynamischem Arbeitsspeicher (DRAM) zur Steuerung von Robotern und damit geringen Kosten auch hinsichtlich der einzusetzenden Software.

[0013] In bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß bei Spannungsabfall die Roboterbewegung bahnnahe abgebremsst ist, wobei dies beinhaltet, daß die Steuerung und Regelung des Roboters solange aktiv bleibt, bis die gespeicherte Antriebsenergie verbraucht ist. Hierbei handelt es sich insbesondere um im Gleichspannungszwischenkreis der Servounrichter (Kondensatorbatterie) gespeicherten elektrischen Energie sowie ggf. beim Abbremsen in diesen rückgespeicherte kinetische Energie.

[0014] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung einzeln erläutert ist.

[0015] Dabei zeigt:

Figur 1: eine schematische Darstellung der der Erfindung zugrunde liegenden Roboterssteuerung;

Figur 2: ein Ablaufdiagramm zum erfindungsgemäßen Verfahren zum Steuern eines Roboters bei Spannungsabfall;

Figur 3: ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Wiederanfahren des Roboters nach Spannungsabfall;

Figur 4: ein Ablaufdiagramm zur Sicherung des Zustandes des Speicherinhaltes bei Beendigung des Arbeitsablaufs nach Spannungsabfall und zur Wiederaufnahme des Arbeitens nach Spannungswiederkehr.

[0016] Im dargestellten Ausführungsbeispiel basiert die Steuerung 1 für einen Roboter 2 auf einem PC-Computer mit einer PC-Hauptplatine 3 mit minde-

stens einem PC-Pentium-Prozessor, auf dem sowohl ein nichtechtzeitfähiges Standard-PC-Betriebssystem 4 wie Windows 95 oder 98, als auch ein Echtzeit-Betriebssystem wie VxWorks, gemeinsam arbeiten. Das Standard-PC-Betriebssystem 4 und die Echtzeit-Betriebssystem 5 nutzen gemeinsam den Arbeitsspeicher 6. Mit der Hauptplatine 3 ist ein Massenspeicher 7 verbunden.

[0017] Das Standard-Betriebssystem 4 dient insbesondere zur Kommunikation mit einem Bediener sowie mit Massenspeicher-Medien. Hierzu ist es mit mehreren Bediener-Peripheriegeräten verbunden sowie über eine Grafikkarte 8 mit einem Monitor 9 und mit der Anzeige 11a einer Steuereinheit 11, je wiederum mit einer mit dem Echtzeit-Betriebssystem 5 verbundenen Robotersteuerkarte 12 kommuniziert. Die Robotersteuerkarte 12 steuert über ein Leistungsmodul 13 den Roboter 2, dessen mittels Bewegungs- und Positionsmessern etc. gemessenen Positionen und Bewegungsdaten über eine Wandlereinheit 14 der Robotersteuerkarte 12 mitgeteilt werden. Insbesondere die Robotersteuerkarte 12 und das Echtzeit-Betriebssystem 5 stehen über diverse Kommunikations-Meßstellen 16 mit Industrieperipherie, Wegsteuerungen für Werkzeuge, insbesondere Kleb- und Schweißeinrichtungen etc. in Verbindung.

[0018] Die Erfindung sieht nun bei einer solchen Steuerung ein Steuermodul vor, mit dem der Ablauf der Steuerung sowie der Roboter im Falle eines Spannungsabfalles behandelt bzw. gesteuert wird.

[0019] Das nicht dargestellte Netzteil der Steuerung 1 weist einen ebenfalls nicht dargestellten Spannungsdetektor auf. Über diesen stellt das Betriebssystem in einem ersten Schritt 21 einen eventuellen Spannungsabfall fest, den es in einem Schritt 22 dem Steuermodul meldet. Dieses initialisiert im Schritt 23 ein Programm (Figur 4), welches in einem weiteren Schritt 31, sowohl über die Peripherie-Kommunikations-schnittstellen 16 gesteuerten Arbeitsprozesse abbricht.

[0020] Weiter wird der Roboter 2 bahnnahe abgebremsst, d.h. entsprechend der vorgegebenen Bahn in einen Ruhezustand überführt, bis die noch vorhandene Antriebsenergie verbraucht ist. Hierbei kann es sich um in dem Gleichspannungszwischenkreis der Servounrichter (Kondensatorbatterie) des Roboters gespeicherte Energie sowie ggf. kinetische Energie der Roboter-elemente und die hierdurch bei Abbremsen in Bewegung befindliche Achsen resultierende und in den Zwischenkreis rückgespeiste Energie handeln. An Umkehrpunkten sowie bei Aufwärtsbewegungen ist der Stillstand der Roboterachsen schnell zu erreichen, im letzteren Fall trägt hierzu die Gravitationskraft wesentlich bei. Längere Bremszeiten sind bei hohen Geschwindigkeiten mit großer Trägheit erforderlich.

[0021] Nach kontrolliertem Abbruch aller externen bzw. mechanischen Prozesse insbesondere der Roboterbewegungen erfolgt eine Zustandsmitteilung an externen Steuerungen (Schritt 32), woraufhin in einem

Schritt 33 eine entsprechende Meldung an das Steuerungsmodul erfolgt, welches im Schritt 24 die Roboterprogramme (in ihrem dann gegebenen Zustand) auf den Massenspeicher 7 sichert. Im Schritt 25 geht das Echtzeit-Betriebssystem nach kontrolliertem Abbruch aller Prozesse und insbesondere der Roboterbewegung in einen definierten Zustand über und sichert anschließend das komplette Echtzeit-Betriebssystem (Schritt 26 bzw. 26'), mit einer Spannungsabfall-Information (Schritt 27 bzw. 27'), die bei einem Neustart bewirkt, daß dieser einen "Warmstart" initiiert, bei dem das Echtzeit-Betriebssystem und die Roboterprogramme mit allen gespeicherten Zuständen vom Massenspeicher 7 übernommen werden und die Steuerung von diesem Zustand weitergeführt wird.

[0022] Anschließend schaltet das Steuerungsmodul im Schritt 28 die Spannungsversorgung des bis hierher sichernden Akku bzw. eine entsprechende Batterie ab.

[0023] Ergibt sich während des vorstehend beschriebenen Abbruchs der Roboterbewegung, der Peripheriearbeiten sowie während des Herunterfahrens des Systems ein Fehler, so wird dieser Fehlerzustand zwar auch auf dem Massenspeicher 7 zwecks Ermöglichung einer Analyse gespeichert; die Spannungsabfall-Information ist aber eine solche, daß der nächste Start des Systems ein "Kaltstart" ist, bei dem von Standarddaten ausgegangen wird, da ein Weiterarbeiten bei einem solchen Fehlerzustand nicht sinnvoll ist.

[0024] Bei erneuter Spannungsversorgung wird in der Steuerung 1 wie üblich, das nicht-echtzeitfähige Standard-PC-Betriebssystem (Windows 95) gestartet (Schritt 41), das mit Schritt 42 das Steuerungsmodul aufruft. Dieses betrifft die beim beendenden Schritt 27 abgelegte Spannungsabfall-Information und führt ggf. den zur Weiterverföhrung der Robotertätigkeit am erreichten Arbeitspunkt erforderlichen "Warmstart", d.h. einen Wiederanlauf des Systems mit den gesicherten Daten durch (Schritte 43, 44 bzw. 44').

[0025] Im folgenden (Schritt 45) erfolgt die Restaurierung des Steuerungszustandes bei Spannungsabfall. Hierzu wird das Echtzeit-Betriebssystem 5 mit den Roboterprogrammen vom Massenspeicher 7 gelesen und im Arbeitsspeicher 6 (Schritt 46-48) restauriert. Anschließend wird auch für das Ausgangsabbild der peripheren Systeme im Zustand des Abbruchs wieder hergestellt (Schritt 49).

[0026] Nach Wiederherstellung der Daten im Arbeitsspeicher 6 werden die Bedieneroberfläche und insbesondere auch die Anzeigegeräte 9, 11 wieder in den den Abbruchstatus wiedergebenden Zustand versetzt (Schritt 50). Das Roboterprogramm steht an der Stelle des früheren Abbruchs. (Schritt 34, 35 in Figur 4) und überprüft nach einem Startsignal, ob alle Fehler bereinigt und quittiert sind (Schritt 36). Es erfolgt eine Zustandsmitteilung an die externen Steuerungen (Schritt 37) und die peripheren Prozesse werden fortgesetzt bzw. neugestartet (Schritt 38). Anschließend kann

das Hauptprogramm in dem durch den Spannungsabfall abgebrochenen Ablauf weiterverarbeiten (Schritt 39). Ein beim Abbruch festgestellter Fehler (Fig.2) führt zu einem üblichen Kaltstart (Fig.3).

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung des Spannungsabfalls zumindest im Steuerteil, bei einem Roboter mit einer PC-Steuerung aus einer Kombination eines Echtzeit-Betriebssystems zum zeitkritischen Steuern und Regeln der Roboterbewegung und eines Standard-PC-Betriebssystems zur Kommunikation mit einem Bediener, wobei bei Spannungsabfall ein Batterie-/Akku-Betrieb erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß eine laufende Roboterbewegung und ggf. Anwendungsarbeiten beendet oder definiert abgebrochen werden, daß anschließend Arbeitsprozesse der Steuerung abgeschlossen werden und daß ausschließlich das Echtzeit-Betriebssystem sowie Robotersteuerungsprogramme betreffende Inhalte des Arbeitsspeichers zum Beendigungszeitpunkt auf einem Massenspeicher gespeichert werden.
2. Verfahren zum Wiederanfahren eines Roboters nach einem gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1 erfolgten Stillsetzen des Roboters, dadurch gekennzeichnet, daß das Standard-PC-Betriebssystem in üblicher Weise in den Arbeitsspeicher geladen und gestartet wird und daß die den Zustand des Echtzeit-Betriebssystems sowie der Roboterprogramme im Beendigungszustand betreffenden Inhalte von dem/dem Massenspeicher(n) in den Arbeitsspeicher übernommen und die Steuerung des Roboters im Beendigungszustand wieder aufgenommen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei Spannungsabfall die Roboterbewegung bahnnahe abgebremst wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die das Echtzeit-Betriebssystem sowie Robotersteuerungsprogramme betreffenden Inhalte des Arbeitsspeichers als Bild (Image) auf dem/den Massenspeicher(n) gespeichert werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein den Zustand des Echtzeit-Betriebssystems sowie der Roboterprogramme enthaltendes Bild (Image) von dem/den Massenspeicher(n) in den Arbeitsspeicher übernommen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß beim Wiederanfahren

ren auch die Steuerung sonstiger Prozeßperipherie  
im Beendigungszustand wieder aufgenommen wird

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

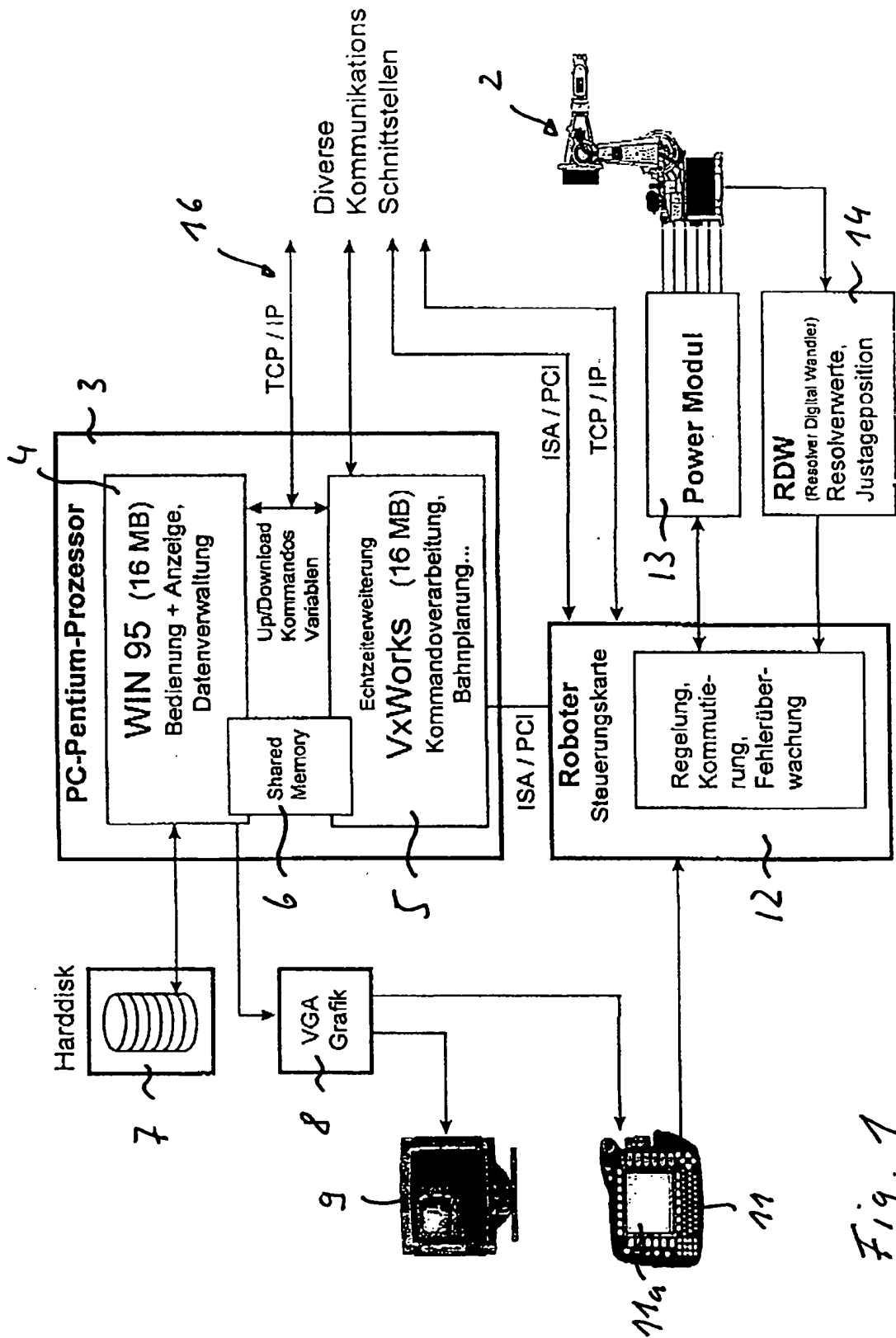


Fig. 1

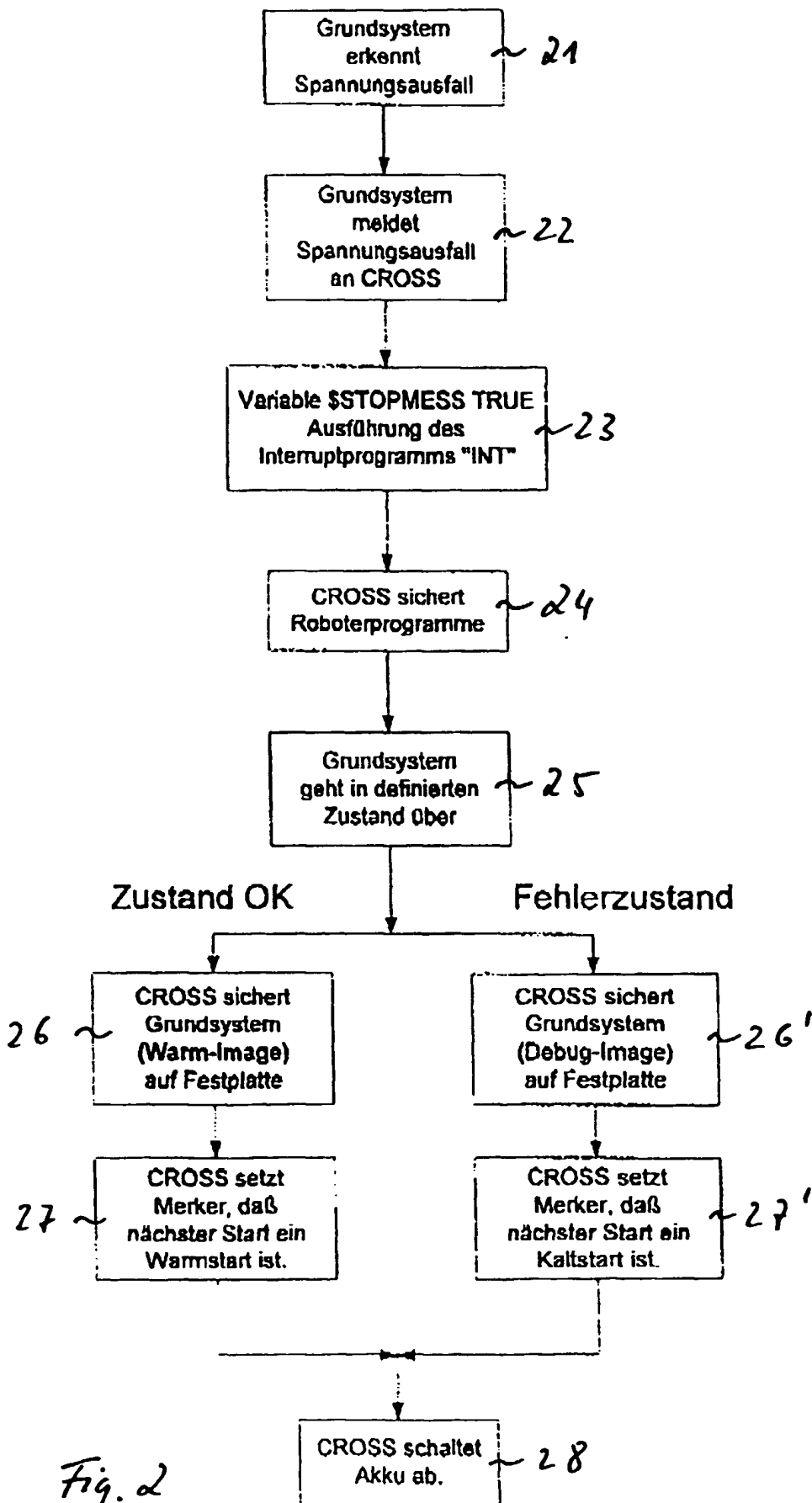


Fig. 2

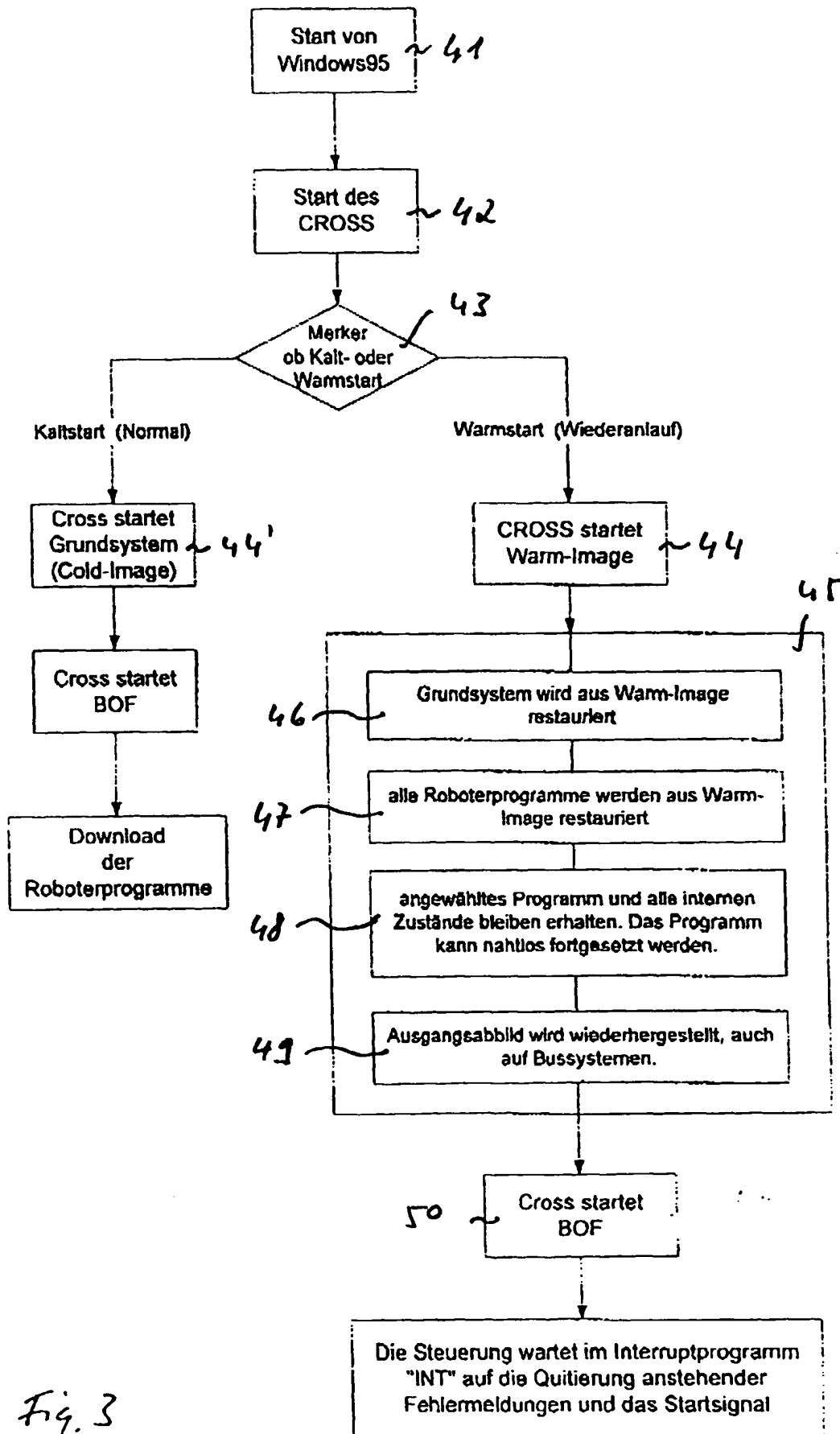


Fig. 3



